

SOLICITUD DE
PATENTE DE INVENCIÓN

INSTITUTO NACIONAL DE LA
PROPIEDAD INDUSTRIAL (I.N.P.I.)

'96 AGO -7 12:22

Fecha de presentación

MESA DE ENTRADAS

Acta N°

I. Solicitante

- 1) Nombre COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
- 2) Documento de Identidad:
- 3) Caja Jubilación: Afiliado N°
- 4) Inscripto en el Registro Industrial de la Nación (Decreto-Ley 19.971/72) N°
- 5) Domicilio: Real: Av. del Libertador 8250, Capital Federal

337775

Legal: el mismo

II. Objeto

- 6) Título de la Invención: UNIDAD MODULAR DE ENRIQUECIMIENTO POR DIFUSION GASEOSA Y PLANTA DE ENRIQUECIMIENTO QUE LA CONTIENE
- 7) Carácter de la Patente:
- a) Definitiva, por el término de 20 años
 - b) Adicional a la Patente N°
 - c) Reválida de la Patente N° País
 - d) Precaucional.
- 8) Ley 17.011. Fecha prioridad:
- País
- N°

III. Documentación acompañada

- 9) Se acompaña:
- a) Comprobante pago servicio requerido
 - b) Impuesto de Ley por la
 - c) Formulario anexo en duplicado
 - d) Carátula en duplicado

P. 15/87 - 5237

- e Memoria descriptiva en duplicado
- f. Reivindicaciones en duplicado firmadas.
- g) 2 copias de la 1ª reivindicación
- h) Dibujos en triplicado
- i) Número de planchas
- j) Clisé y reproducciones
- k) Copia certificada de la patente que se revalida
- l) Copia certificada (Ley 17.011)
- ll) Documento de cesión
- m) Dibujos informales
- Hoja Técnica en duplicado
- Carátula en duplicado

IV. Mandato

10) Sociedad, representada por: Ing. José Luis FREIJO

quien declara bajo juramento que inviste el carácter de JEFE DE DEPARTAMENTO TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA Y REL. NACIONALES que su mandato se encuentra vigente y que la Sociedad se halla inscrita en el Registro Público de Comercio. Fecha: N° F° Lib. T°

11) Inscrito en el Registro de Poderes de la DNPI. N°

12) Se acompaña ~~poder~~ Disposición N°177/96 de GERENCIA GENERAL de CNEA

13) En este acto, autoriza a

para tramitar este asunto hasta su terminación con facultades para firmar documentos, desistir si fuere menester y solicitar testimonios.

14) Caja Jubilación:

Afiliado N°

15) Agente N°

V. Declaración

16) A los efectos del Decreto del 7 de Junio de 1901 manifiesta que el presente invento NO ha sido patentado en el extranjero.

VI. Observaciones

(Firma del autorizado)


 (Firma del solicitante)
 ING. JOSE L. FREIJO
 JEFE DPTO. TRANSF. DE TECN. Y RELAC. NACIONALES

F. 5237/D

RESUMEN

La invención consiste en una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, del tipo de cascada de enriquecimiento, siendo un módulo integrado, que contiene a todos los elementos de la unidad, con varios flujos de circulación, con distinto grado de enriquecimiento, comprendiendo un compresor axial en trabajo simultáneo de compresión de dichos flujos, un difusor con membranas. El fluido difundido (enriquecido) pasa al compresor en otra sección para realizar la siguiente etapa de enriquecimiento y la salida de flujo no difundido se conecta a un inyector para nivelar las presiones y reciclar el material empobrecido. En el centro de la unidad existe una sonda para efectuar análisis no destructivos. El compresor axial multiflujo puede ser accionado por una turbina de gas

Una aplicación de la presente invención es su utilización para la separación isotópica del hexafluoruro de uranio en fase gaseosa, incorporando en su interior dispositivos que permiten aplicar un sistema de salvaguardias sencillo y no intrusivo de alta precisión, que garantiza la no proliferación. La utilización de varias de estas unidades pueden ser ensambladas en serie para formar una planta industrial de enriquecimiento de uranio con la tecnología de difusión gaseosa.

(19) Pais ARGENTINA

(21) No. de Solicitud: **337775**

(12) Tipo de Solicitud:

(11) No. de Patente:

- Invención (A) Precaucional (Pr)
 Primaria (1) Reválida (R)
 Adicional (2)
 (Perfeccionamiento)
 a la Patente No.:

(72) Inventor: **FLORIDO Pablo Carlos
 BERGALLO Juan Estéban
 BRASNAROF Daniel**

(74) Agente:

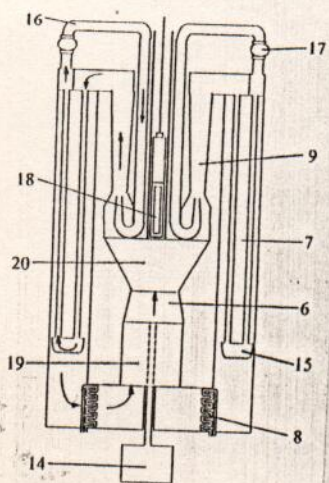
(19) { (21) (11)	(12)	{ (41) Disp. (22) Sol. (24) Vig.	D	M	A	(51) CIP 4
(30) <input type="checkbox"/> Prioridad <input type="checkbox"/> Reválida Pais No.			D	M	A	

(71) Solicitante: **Comisión Nacional de Energía Atómica**

Dirección: **Av. del Libertador 8250, Capital Federal, República Argentina**

(54) Título: **"UNIDAD MODULAR DE ENRIQUECIMIENTO POR DIFUSIÓN GASEOSA Y PLANTA DE ENRIQUECIMIENTO QUE LA CONTIENE"**

(57) Resumen o palabras c



Documentos citados:

RESUMEN

La invención consiste en una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, del tipo de cascada de enriquecimiento, siendo un módulo integrado, que contiene a todos los elementos de la unidad, con varios flujos de circulación, con distinto grado de enriquecimiento, comprendiendo un compresor axial en trabajo simultáneo de compresión de dichos flujos, un difusor con membranas. El fluido difundido (enriquecido) pasa al compresor en otra sección para realizar la siguiente etapa de enriquecimiento y la salida de flujo no difundido se conecta a un inyector para nivelar las presiones y reciclar el material empobrecido. En el centro de la unidad existe una sonda para efectuar análisis no destructivos. El compresor axial multiflujo puede ser accionado por una turbina de gas.

Una aplicación de la presente invención es su utilización para la separación isotópica del hexafluoruro de uranio en fase gaseosa, incorporando en su interior dispositivos que permiten aplicar un sistema de salvaguardias sencillo y no intrusivo de alta precisión, que garantiza la no proliferación. La utilización de varias de estas unidades pueden ser ensambladas en serie para formar una planta industrial de enriquecimiento de uranio con la tecnología de difusión gaseosa.

(19) País ARGENTINA

(21) No. de Solicitud:

(12) Tipo de Solicitud:

(11) No. de Patente:

Invención (A)

Precaucional (Pr)

Primaria (1)

Reválida (R)

Adicional (2)
(Perfeccionamiento)
a la Patente No.:

(72) Inventor: **FLORIDO Pablo Carlos**
BERGALLO Juan Estéban
BRASNAROF Daniel

(74) Agente:

(19) { 21 } 11 }	(12)	(41) Disp. (22) Sol. (24) Vig.	D	M	A	(51) CIP 4
(30) <input type="checkbox"/> Prioridad <input type="checkbox"/> Reválida País No.			D	M	A	

(71) Solicitante: **Comisión Nacional de Energía Atómica**

Dirección: Av. del Libertador 8250, Capital Federal, República Argentina

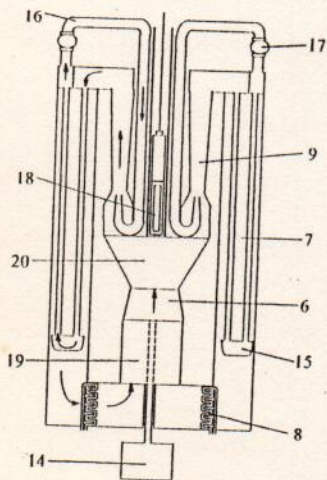
(54) Título: **"UNIDAD MODULAR DE ENRIQUECIMIENTO POR DIFUSIÓN GASEOSA Y PLANTA DE ENRIQUECIMIENTO QUE LA CONTIENE"**

(57) Resumen o palabras c

RESUMEN

La invención consiste en una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, del tipo de cascada de enriquecimiento, siendo un módulo integrado, que contiene a todos los elementos de la unidad, con varios flujos de circulación, con distinto grado de enriquecimiento, comprendiendo un compresor axial en trabajo simultáneo de compresión de dichos flujos, un difusor con membranas. El fluido difundido (enriquecido) pasa al compresor en otra sección para realizar la siguiente etapa de enriquecimiento y la salida de flujo no difundido se conecta a un inyector para nivelar las presiones y reciclar el material empobrecido. En el centro de la unidad existe una sonda para efectuar análisis no destructivos. El compresor axial multiflujo puede ser accionado por una turbina de gas

Una aplicación de la presente invención es su utilización para la separación isotópica del hexafluoruro de uranio en fase gaseosa, incorporando en su interior dispositivos que permiten aplicar un sistema de salvaguardias sencillo y no intrusivo de alta precisión, que garantiza la no proliferación. La utilización de varias de estas unidades pueden ser ensambladas en serie para formar una planta industrial de enriquecimiento de uranio con la tecnología de difusión gaseosa.



Documentos citados:

Memoria Descriptiva de la Patente de Invención

denominada

**" UNIDAD MODULAR DE ENRIQUECIMIENTO POR DIFUSIÓN
GASEOSA Y PLANTA DE ENRIQUECIMIENTO QUE LA CONTIENE"**

Solicitada por

Comisión Nacional de Energía Atómica, residente en
Av. del Libertador 8250, Buenos Aires, Capital Federal,
República Argentina

Inventores: FLORIDO Pablo Carlos
BERGALLO Juan Estéban
BRASNAROF Daniel

Por el plazo de 20 años

La presente invención se refiere a una unidad modular de enriquecimiento por difusión gaseosa y la planta de enriquecimiento por difusión gaseosa compuesta por dichos módulos integrados. Una aplicación de la presente invención es su utilización para la separación isotópica del hexafluoruro de uranio en fase gaseosa

La invención permite reducir el tamaño económico competitivo de este tipo de planta presentando características modulares integrando sus componentes, que permiten la economía del proceso y la intercambiabilidad y transporte de las unidades (módulos), con el aditamento de que su diseño cuenta desde su concepción con un sistema transparente de salvaguardias, siendo este punto relevante puesto que las actuales plantas industriales no cuentan con uno similar.

En los comienzos, la tecnología de enriquecimiento de uranio tenía como propósito fines militares, pero una vez que surge la energía nuclear con fines pacíficos como modo de generación de electricidad, se debieron desarrollar nuevas tecnologías que le permitieran seguir en competencia en dicho mercado.

En el mediano plazo las condiciones del mercado serán fuertemente distintas a las actuales en dos aspectos: las tecnologías más competitivas las constituirán las ultra centrífugas de próximas generaciones y potencialmente el A.V.L.I.S. (siglas en inglés de Separación Isotópica de Vapor Atómico por Láser). La demanda oscilará entre las 250000 a 500000 U.T.S. (Unidad de Trabajo Separativo) cada 5 años, situación muy diferente a como fueron concebidas las plantas actuales.

La unidad de trabajo separativo (U.T.S.) es la diferencia de energías libres,

entre un estado de enriquecimiento y otro, de un compuesto de dos variedades isotópicas para un kilogramo de masa.

Al encarar nuevas tecnologías que presenten como características fundamentales la modularidad y bajos costos de capital, con capacidades de planta menores que el millón de U.T.S., se aíslan los problemas de proyecciones de futura demanda mundial, debido a que dichas plantas pueden suministrar las U.T.S. necesarias para un pequeño grupo de hasta tres centrales nucleares del tipo P.W.R. (siglas en inglés de Reactor de Agua Presurizada).

En este mercado, la tecnología de difusión gaseosa tal como se conoce actualmente, se encuentra fuera del margen de competitividad, debido a que no serían necesarias plantas de tamaño económico (mayores de 3 millones de U.T.S.).

Desde sus orígenes las plantas de difusión gaseosa se encuentran construidas sobre las base de unidades separadoras o separativas conectadas en serie conformando módulos en los cuales se encuentran típicamente entre 10 y 20 unidades separadoras, los cuales a su vez se conectan nuevamente en serie hasta completar lo que se conoce como planta de difusión gaseosa.

En teoría cada una de estas unidades separadoras debería tener un tamaño diferente a fin de acercarse al comportamiento ideal de la planta, sin embargo en la actualidad los tamaños de las unidades separadoras se restringen a tres (típicamente), de forma de que se faciliten las tareas de construcción y montaje.

El objetivo de estas plantas es realizar la separación isotópica de un

determinado material, basándose en las diferencias de masa de los isótopos integrantes del mismo. Típicamente las plantas para enriquecimiento de uranio se encuentran diseñadas para alcanzar un enriquecimiento del 5 % en U^{235} (uranio 235) partiendo de uranio natural, existen otras que lo llevan al 20 % y por último se han desarrollado plantas que lo pueden enriquecer a niveles superiores al 93 %, siendo las mismas de uso típicamente militar.

Cada uno de estos grados de enriquecimiento se obtiene mediante el agregado de nuevas unidades separadoras conectadas en serie a las anteriores.

Analizando cuáles son las razones fundamentales que gobiernan la economicidad de las Plantas de Difusión Gaseosa, se encontró que con una concepción distinta al diseño clásico, como la de la invención, se podría mejorar substancialmente esta situación de manera de ser competitiva, aún con las ultra centrifugas de futuras generaciones y plantas A.V.L.I.S..

Otro hecho fundamental, que puede ser de capital importancia en el mercado de las tecnologías de enriquecimiento de uranio, es que los países nuclearmente emergentes no puedan adquirir tecnologías de ultra centrifugas o A.V.L.I.S., debido al riesgo de proliferación al no poseer armas nucleares.

La difusión gaseosa se caracteriza por una amplia capacidad de producción existiendo actualmente plantas industriales (nucleares o no) de gran tamaño. De las tecnologías desarrolladas hasta el momento es la menos proliferante debido a su rigidez en cuanto a las operaciones (transitorios lentos, alto nivel de acumulación de uranio en la cascada durante la operación, y escasa capacidad para pasar a configuraciones proliferantes), la cual puede reducirse

con controles periódicos que realice el ente de salvaguardias correspondiente.

Es ampliamente conocido que las plantas de difusión gaseosa se componen de un gran número de etapas idénticas en serie (cascada) para lograr un determinado enriquecimiento, siendo característico que tengan unidades de tres diferentes tamaños. Las etapas se distinguen básicamente por el caudal de trabajo de cada una de éstas, que surgen del diseño óptimo de la cascada. En la figura N° 1 se muestran cualitativamente tres tamaños diferentes: (a) pequeña, (b) mediana y (c) grande, que conforman una cascada de difusión gaseosa de diseño convencional.

Cada unidad cuenta con un compresor (1) con su correspondiente motor para impulsar el fluido por el sistema, un intercambiador de calor (2) para mantener el proceso a una cierta temperatura constante, difusores (3) encargados de la separación isotópica, compresor para el reciclo (4), cañerías y válvulas asociadas al proceso (5) y sistemas auxiliares que garantizan la normal operación.

En una configuración contracorriente simétrica de cascada de enriquecimiento, tomando como base al difusor, se distinguen tres caudales: uno ingresante o material a difundir, y dos salientes siendo uno el que ha difundido y otro el que no, caracterizados por la relación de corte (caudal difundido sobre caudal total). El caudal difundido o enriquecido ingresa en la entrada de la etapa posterior, mientras que el empobrecido se reinyecta al ingreso de la etapa anterior.

Dependiendo del tamaño de la planta (capacidad) y presiones de trabajo,

se requieren de acuerdo a los caudales involucrados, compresores de desplazamiento positivo , centrífugos o axiales, donde las eficiencias características de los mismos son de aproximadamente del 65%, 75% y 85% respectivamente. Para plantas con capacidades de hasta unas 100000 U.T.S. hay etapas con compresores centrífugos y otras (en la cabeza y en la cola) con compresores de desplazamiento positivo. Recién para plantas superiores a los 3 millones de U.T.S., todos los compresores estarían en el rango óptimo de los axiales, con lo cual este diseño alcanza su máxima economicidad más allá de los cientos de miles que requeriría el mercado futuro.

En las actuales plantas de enriquecimiento no se utiliza el concepto de modularidad dado que las partes integrantes son realizadas a medida, y en función de las necesidades de cada módulo o unidad separativa.

En la presente invención se entiende por unidad o módulo de enriquecimiento al conjunto constituido por el compresor y su respectivo motor, el conjunto de membranas o elementos separadores, el difusor (con sus internos, es decir separadores de caudal, orientadores de flujo, sostenedores de componentes), las cañerías exteriores y las válvulas, los recirculadores y el sistema de salvaguardia relacionado.

Cada uno de estos módulos son los constituyentes elementales de una planta de enriquecimiento y que con su conexionado en serie se termina configurando una planta de enriquecimiento.

Cada uno de estos módulos puede manejar diferentes números de corrientes de enriquecimiento (de acuerdo al lugar que ocupen dentro de la

cascada de enriquecimiento), que van desde una (funcionando como una unidad de enriquecimiento en las plantas actuales) hasta un número no mayor que 40 caudales diferentes.

En consecuencia se prevé que cada unidad modular de enriquecimiento de la invención reemplace a un número variable de unidades de enriquecimiento de las utilizadas en las actuales plantas.

El concepto de modularidad utilizado en este caso consiste en integrar los diferentes componentes constituyentes de unidad de separación, a los efectos de disminuir las interconexiones entre unidades, simplificar el conexionado entre las mismas y los servicios que las mismas requieren.

El objetivo principal de la unidad modular de enriquecimiento de la invención es solucionar los problemas enunciados, creando un nuevo concepto de cascada de separación isotópica molecular por difusión gaseosa compuesta por etapas, dispuestas en un sistema modular integrado, contando las mismas con membranas porosas o difusores en donde se produce la separación, un compresor axial multiflujo encargado de impulsar varias corrientes con concentraciones diferentes en paralelo, intercambiadores de calor para mantener el proceso a una cierta temperatura constante, recirculadores del gas que no ha difundido a través de las membranas, utilizando un esquema de contracorriente simétrico de cascada de separación; cañerías y válvulas asociadas al proceso.

Una aplicación de la presente invención es su utilización para la separación isotópica del hexafluoruro de uranio en fase gaseosa, proponiendo una unidad de diseño integrado, incorporando en su interior dispositivos que

permiten aplicar un sistema de salvaguardias sencillo y no intrusivo de alta precisión, que garantiza la no proliferación. La utilización de varias de estas unidades pueden ser ensambladas en serie para formar una planta industrial de enriquecimiento de uranio con la tecnología de difusión gaseosa.

Un segundo objetivo de la unidad de enriquecimiento de la invención es que debido a la escasa capacidad de proliferación que presenta la difusión en sí misma (alto nivel de acumulación de uranio en la cascada durante la operación "hold-up", entre otras), permitir que se pueda incorporar al mismo una configuración tal de facilitar un Sistema de Salvaguardias transparente que posibilite un riesgo de proliferación prácticamente cero.

Un tercer objetivo de la unidad de enriquecimiento de la invención es reducir el espacio de cada unidad ya que, debido a su modularidad, es posible su fabricación, premontaje y pruebas en instalaciones apropiadas y su posterior envío al lugar de emplazamiento. Otro tipo de simplificación viene dada por su geometría, la cual facilita su aislamiento térmico y posibilidad de montar al aire libre sin la necesidad de una obra civil adicional.

La planta clásica de difusión requiere energía mecánica para impulsar los compresores, para lo cual compra energía eléctrica para mover motores eléctricos. Esta energía es generada en otro lugar, transmitiendo energía térmica a un generador eléctrico para transferirla luego a la red que la lleve hasta el consumidor final.

Un cuarto objetivo de la unidad de enriquecimiento de la invención es que con el empleo de turbinas de gas en lugar de motores eléctricos como modo de

generación de la energía mecánica, cambia radicalmente el tamaño económico de una planta de difusión gaseosa, pudiendo ubicar la planta en un sitio donde haya una gran reserva de gas. Cabe destacar que, dado que el valor agregado en el uranio enriquecido es muy grande, el impacto económico de ubicar una Planta de Difusión Gaseosa en un lugar alejado no es relevante como transportar gas o energía eléctrica desde una reserva lejana. En el caso de la invención se puede obtener una planta de difusión gaseosa más, si efectivamente se la ubica sobre una gran reserva de gas.

La utilización eficiente del compresor axial se puede lograr haciendo pasar varias corrientes en paralelo con concentraciones o enriquecimientos diferentes, lográndose por un lado la aplicabilidad de los mismos a plantas de difusión gaseosa de tamaños pequeños, y por otra parte la reducción del número de compresores de la planta junto con la simplificación en la operación y mantenimiento.

No se introducen modificaciones en el funcionamiento del compresor, es decir que funciona de la misma manera en la que fue diseñado, la única diferencia es que se deben realizar separadores de flujo tanto a la entrada como a la salida, utilizando para tal fin los preorientadores de flujo que los mismos disponen, diseñándolos adecuadamente.

Este tipo de funcionamiento del compresor ya ha sido probado con éxito demostrando que con compresores a los cuales se le inyectan flujos de un gas químicamente idéntico con diferentes concentraciones isotópicas, el mismo se encarga de comprimirlo exitosamente con niveles mínimos de mezcla entre las

diferentes corrientes.

La unidad de enriquecimiento de la invención utiliza los compresores axiales descritos, a los que lo llamaremos multiflujos, para distribuir uniformemente a lo largo de su circunferencia, las corrientes con concentraciones diferentes que ingresan al mismo; junto con las membranas porosas multicapas con un factor de corte de separación de caudales entre 0,4 y 0,6, preferiblemente igual a 0.5 y con una presión de trabajo de 0,1 a 2 atmósferas. La manera de minimizar el mezclado en el compresor, entre las corrientes vecinas de los flujos con diferente grado de concentración, es desdoblarlos en dos o más corrientes de alimentación y de salida del compresor.

A fin de una mejor comprensión de la presente invención, se realiza a continuación la descripción detallada de la misma, en base a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura N° 1 muestra las tres unidades de enriquecimiento por difusión gaseosa del arte previo, en forma proporcional.

La figura N° 2 muestra un diagrama de proceso de la unidad modular de la invención.

La figura N° 3 muestra el corte longitudinal vertical de la unidad de la figura N° 5 (una forma de realización de la invención).

La figura N° 4 muestra el corte transversal de un compresor axial mutiflujo, con las diferentes secciones de circulación de flujo.

La figura N° 5 muestra un ejemplo de realización de un módulo (unidad modular) de enriquecimiento por difusión gaseosa de la invención.

La figura N° 6 muestra el interior de una unidad como la de la figura N° 5

En la figura N° 2 se observa en forma simplificada un diagrama de proceso de un ejemplo de realización de la unidad de enriquecimiento de la invención, para el caso de un compresor axial multiflujo (6) con tres corrientes de concentraciones distintas (1c, 2c y 3c). Una vez que salen del compresor cada corriente se separa físicamente de las demás. Cada caudal se dirige hacia un difusor (7) y del mismo salen el caudal que ha difundido y el que no (reciclo). Cada caudal que ha difundido se dirige hacia un intercambiador de calor (8) para su posterior reingreso al compresor en una posición desplazada (etapa siguiente de enriquecimiento) con respecto al paso anterior. El caudal que no ha difundido se recicla mezclándolo en el recirculador o inyector (9)

La unidad de la figura N° 2 está conformada por difusores (7) puestos en serie vinculados con un compresor (6) con flujos en paralelo. La cascada de difusión está formada por unidades, como la descrita, puestas en serie. En la línea de proceso se distinguen cuatro puntos de interconexión externa, dos de ingreso a la unidad y dos de salida. En la línea de avance o enriquecimiento el primer punto está dado por la línea que provee el caudal a la primera etapa de la unidad (10), y el segundo por la línea de salida de la última etapa conteniendo el máximo enriquecimiento (11), el cual se une con la entrada (10) de la unidad siguiente. Para la línea de retroceso o reciclo el primer punto corresponde a la salida de la unidad del reciclo de la primera etapa (12), y el segundo al ingreso del reciclo de la unidad siguiente (13) a la última etapa de esta unidad.

En la figura N° 3 se puede observar un ejemplo simplificado de realización

de la invención, en corte por el eje longitudinal vertical de la unidad de enriquecimiento mostrada en las figuras N° 4 y 5, en donde se ven las partes componentes para realizar el proceso mencionado; indicándose con flechas la circulación del gas a enriquecer. En dicha figura el compresor axial multiflujo (6), accionado por el motor o la turbina de gas (14) comprime el fluido que pasó previamente por el intercambiador de calor (8), pasando el fluido comprimido al inyector (9) y luego al difusor (7) que contiene el soporte para las membranas y a las mismas (15). El fluido difundido (enriquecido) pasa al compresor en otra sección para realizar la siguiente etapa de enriquecimiento. El fluido no difundido vuelve al inyector (9), a través de las cañerías (16) y válvulas (17), donde es mezclado con el fluido en circulación, nivelando las presiones. En el centro de la unidad se puede observar la sonda (18) para efectuar análisis no destructivos.

Como el caudal sin difundir debe ser recirculado a la entrada de la etapa de difusión anterior, se debe utilizar en la invención un recirculador, como ser un inyector (9), para cada corriente de concentración diferente, con el fin de hacer ingresar en forma conjunta al difusor el caudal de reciclo con el caudal proveniente del compresor sin pérdida por mezclado con otras corrientes y con alta eficiencia. Este inyector tiene características de un venturi, sin partes móviles, y permite simplificar o eliminar el diseño y mantenimiento de los compresores axiales clásicos(1) para el reciclo de las actuales plantas, ubicados luego del difusor. Este punto difiere del diseño clásico, en donde el reciclo se inyecta en la última etapa del compresor axial (4) o en otro compresor de retorno para diseños con compresores centrífugos o de desplazamiento positivo.

Dado que la idea propuesta usa un compresor para comprimir caudales con diferentes enriquecimientos (es decir un gas químicamente idéntico en todos los casos, salvo que las composiciones isotópicas del mismo son diferentes), se debe tratar de realizar una entrada y salida del compresor de forma de disminuir las mezclas del mismo. Esto se logra con la distribución utilizada, según la figura N° 4, para inyectar el gas a enriquecer dentro del compresor, en la cual se puede ver que los caudales de entrada han sido divididos en dos a fin de lograr a la entrada un gradiente lo menor posible entre las diferentes concentraciones isotópicas vecinas a los efectos de disminuir las pérdidas por mezclado dentro del compresor.

Por ese motivo se tiene la distribución de caudales a la entrada del compresor mostrada en la figura N° 4, en la que se observa el corte del compresor axial multiflujo con las distribuciones de "nc" corrientes con concentraciones crecientes ($1c, 2c, \dots, nc-1, nc$). Las partículas recorren el compresor describiendo una trayectoria helicoidal (banda helicoidal) con una dispersión angular, para ingresar a la etapa de difusión. Si no hubiera dispersión angular en el proceso de compresión, la concentración a la salida en cada sector circular sería igual a la de la entrada, rotada un cierto ángulo. Debido a la difusión turbulenta (radial, axial y tangencial) y la existencia de flujos secundarios se mezcla en cierto grado con sus vecinos, sin ser ésta muy significativa. Para minimizar el mezclado en el compresor, se desdoblan en dos o más corrientes según lo mencionado anteriormente.

Por otra parte, a fin de un mejor aprovechamiento y la reducción de los

costos, se puede disponer, como otro ejemplo de realización de la invención, una unidad dividida en el doble de etapas presentes en la unidad descrita, cuyos sectores angulares contengan a los difusores. En la figura N° 5 se presenta una vista externa y en la figura N° 6 una vista interna de una unidad modular integrada, conteniendo 4 etapas de separación, las que han sido desdobladas en dos. Se observan en la parte central de la unidad el compresor axial multiflujo de caudal ascendente (6); por encima del mismo los inyectores para el reciclo (9); rodeándolos el recipiente anular (21) dividido en secciones angulares en los cuales se encuentran las etapas de difusión (7) diseñadas para tener un factor de corte de 0.5 ; las tapas superiores (22) que sirven como acceso al montaje de los internos y a su vez como cañerías por donde circula el fluido. Externamente y por encima se encuentran las cañerías correspondientes a los reciclos (16) con sus correspondientes válvulas (17), la entrada (12) y la salida (13) de la línea de reciclo de la unidad; una tapa inferior (23) que contiene a los intercambiadores de calor agua-gas (preferiblemente UF_6) del tipo compacto con tubos con aletas (8) que se ubican antes de la entrada al compresor. Debido a la rotación de las corrientes en el compresor, es necesario agregar una zona previa (19) y posterior (20) al mismo en donde se produce la corrección del ángulo de rotación. Por último, en la parte más inferior se ubica la turbina de gas o motor (14) y la entrada (10) y salida (11) del fluido en la línea de avance a la unidad. En general esta unidad puede orientarse en forma vertical como en la figura N° 5, o bien horizontalmente.

Como se puede ver en la figura N° 6 y en el corte de la figura N° 3, el

centro de la unidad de enriquecimiento de la invención está libre de todo cuerpo, salvo en la posición del compresor. Esto es así para incorporar en el centro sondas (18) de Análisis No Destructivo (N.D.A.) con técnicas de espectrometría γ , γ total, neutrónicas y mediciones activas (técnicas desarrolladas con fines de exploración, geología y minería). Esto permite realizar mediciones in situ de salvaguardias de la unidad. El sistema a medir presenta entonces simetría de rotación alrededor del detector y un ángulo sólido para la medición cercano a un valor de 4π . La gran proximidad entre la fuente y el detector disminuye notablemente el efecto relativo de las unidades vecinas.

Si el módulo se ubica verticalmente se elimina la anisotropía generada por la interacción γ y neutrón con el suelo, y si se colocan las unidades de enriquecimiento con una separación tal que se reducen los acoples entre las etapas vecinas en las mediciones de salvaguardias, se pueden obtener así un diseño de sistema de salvaguardias con muy baja incerteza.

Esta amplia incorporación de las salvaguardias al diseño presenta grandes diferencias con el diseño clásico, donde al tener que colocar los detectores por fuera de la unidad difusora, se introducen incertezas adicionales que se suman a las interferencias debidas al suelo (en caso de las unidades horizontales) y a las unidades vecinas, ya que las distancias entre ellas no se fija considerando los acoples en mediciones por técnicas γ y neutrónicas.

El dimensionamiento de la unidad de enriquecimiento de la invención, en cuanto al número de corrientes en paralelo, dependerá de los caudales intervinientes en el diseño de la cascada óptima (tamaños económicos) de

plantas de pequeña escala, siendo el límite más relevante el tecnológico en cuanto a la fabricación del recipiente anular, por lo que es posible dimensionar módulos de igual tamaño (caudal total) lo que simplificaría la fabricación de los principales componentes (recipientes y compresores).

Siguen 18 reivindicaciones en página 17.

REIVINDICACIONES

Habiendo descrito y determinado la naturaleza y alcance de la presente invención, y la manera que la misma ha de ser llevada a la práctica, se declara en lo que se reivindica como invención y de propiedad exclusiva :

1) Una unidad modular de enriquecimiento por difusión gaseosa, del tipo de cascada de enriquecimiento, caracterizada por ser un módulo integrado, que contiene varios flujos de circulación, con distinto grado de enriquecimiento, comprendiendo un compresor axial en trabajo simultáneo de compresión de dichos flujos, la salida de cada flujo relacionada con un medio de difusión, conectada la salida de flujo no difundido a un elemento recirculador de flujo y la salida de flujo difundido al intercambio térmico previo a la siguiente etapa de enriquecimiento.

2) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según la reivindicación 1, caracterizada porque a la entrada y a la salida de dicho compresor axial existen separadores de flujo.

3) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según la reivindicación 2, caracterizada porque los caudales de entrada a la unidad son divididos en dos o más secciones previo a la entrada al compresor axial conteniendo cada sección, los distintos flujos de enriquecimiento.

4) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según la reivindicación 3, caracterizada porque dicho compresor axial es accionado por una turbina de gas.

5) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según la reivindicación 3, caracterizada porque dicho compresor axial es accionado por un motor eléctrico.

6) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque dicho medio recirculador de flujo es un inyector tipo venturi

7) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque dicho medio recirculador de flujo es un compresor.

8) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicaciones anteriores caracterizada porque dicho medio de difusión contiene membranas porosas.

9) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicación 8, caracterizada porque dichas membranas porosas están realizadas con múltiples capas.

10) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque dichas etapas de enriquecimiento tienen un factor de corte de separación de caudales de 0,4 a 0,6.

11) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicación 10, caracterizada porque el valor de dicho factor de corte de separación de caudales es de 0,5.

12) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las

reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el valor de la presión de trabajo está comprendido entre 0,1 y 2 atmósferas.

13) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la parte central está despejada, permitiendo el acceso de sondas para ensayos no destructivos.

14) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la parte central contiene sondas de detección para ensayos no destructivos.

15) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicaciones 13 y 14, caracterizada porque dichas sondas de detección para ensayos no destructivos son para técnicas γ , γ total, neutrónicas y mediciones activas

16) Una unidad de enriquecimiento por difusión gaseosa, según las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el fluido a enriquecer es hexafluoruro de uranio, obteniéndose hexafluoruro de uranio enriquecido.

17) Planta de enriquecimiento por difusión gaseosa, que comprende las unidades modulares de enriquecimiento de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque dichas unidades modulares están conectadas en serie.

18) Planta de enriquecimiento por difusión gaseosa, según la reivindicación 17, caracterizada porque dichos unidades modulares son dimensionalmente iguales.

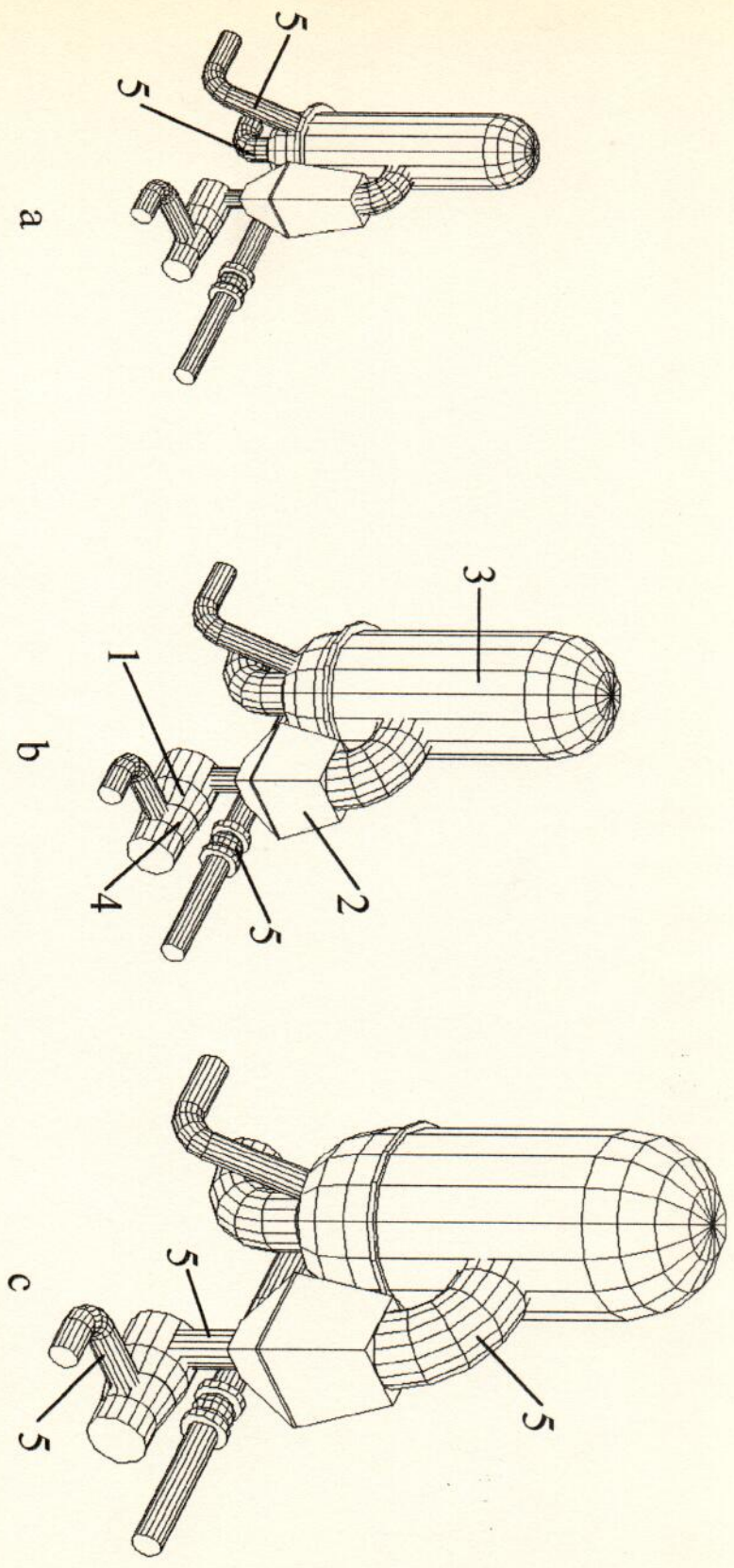


Figura 1

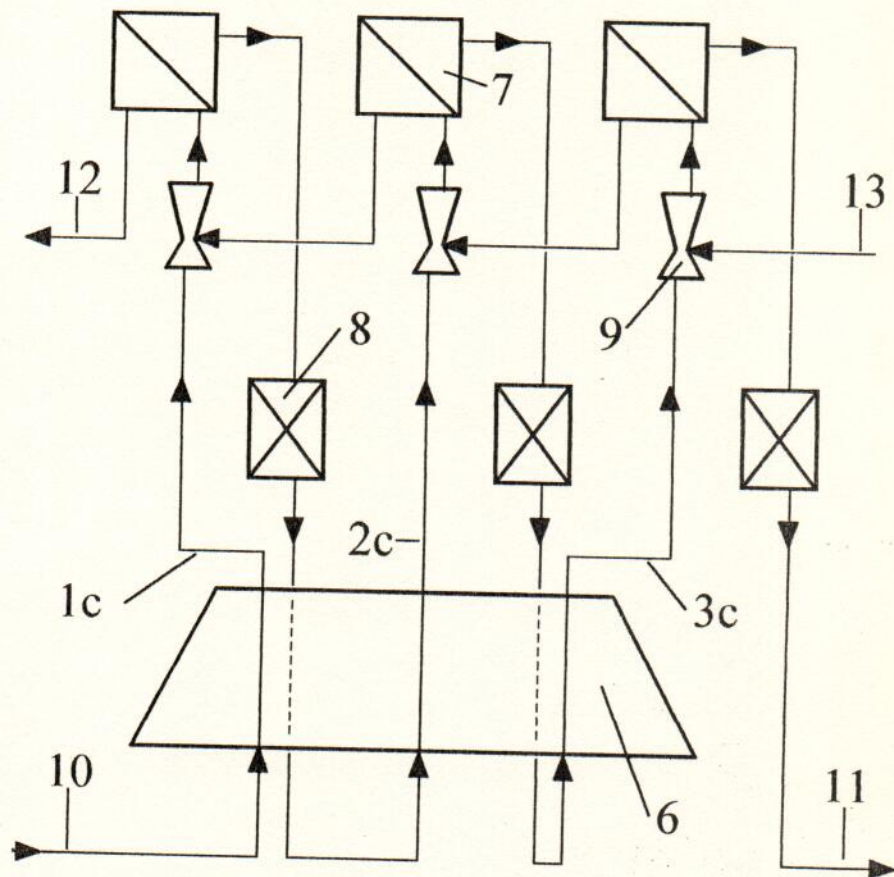


Figura 2

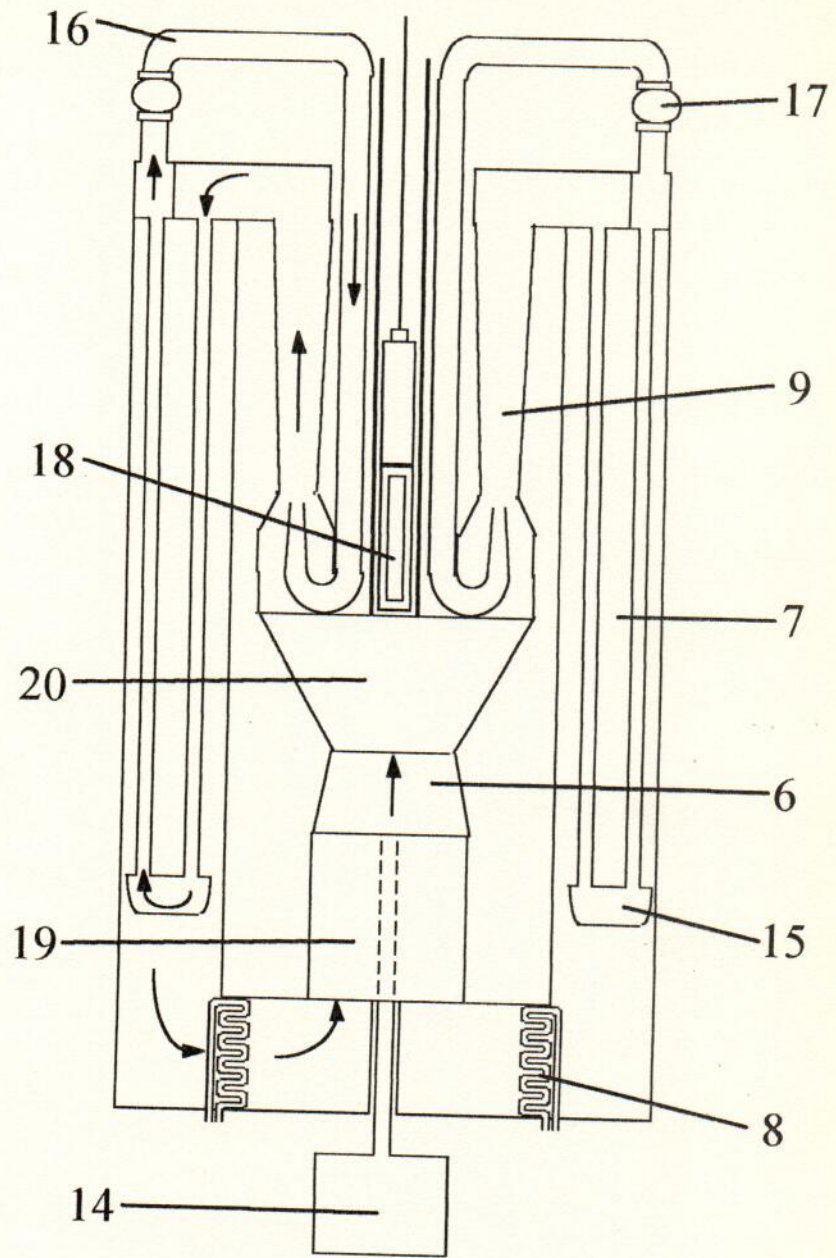


Figura 3

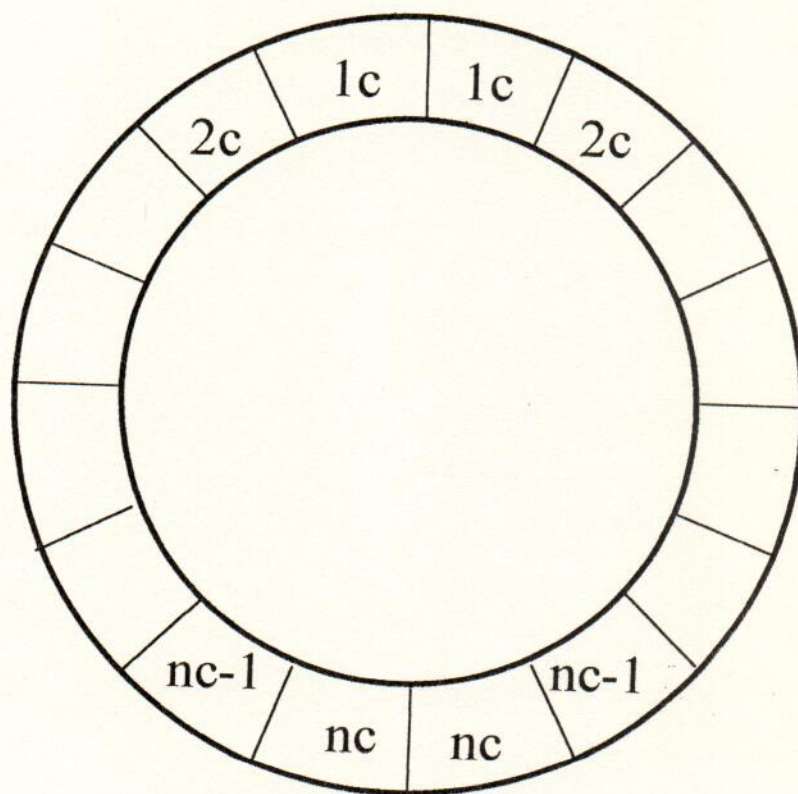


Figura 4

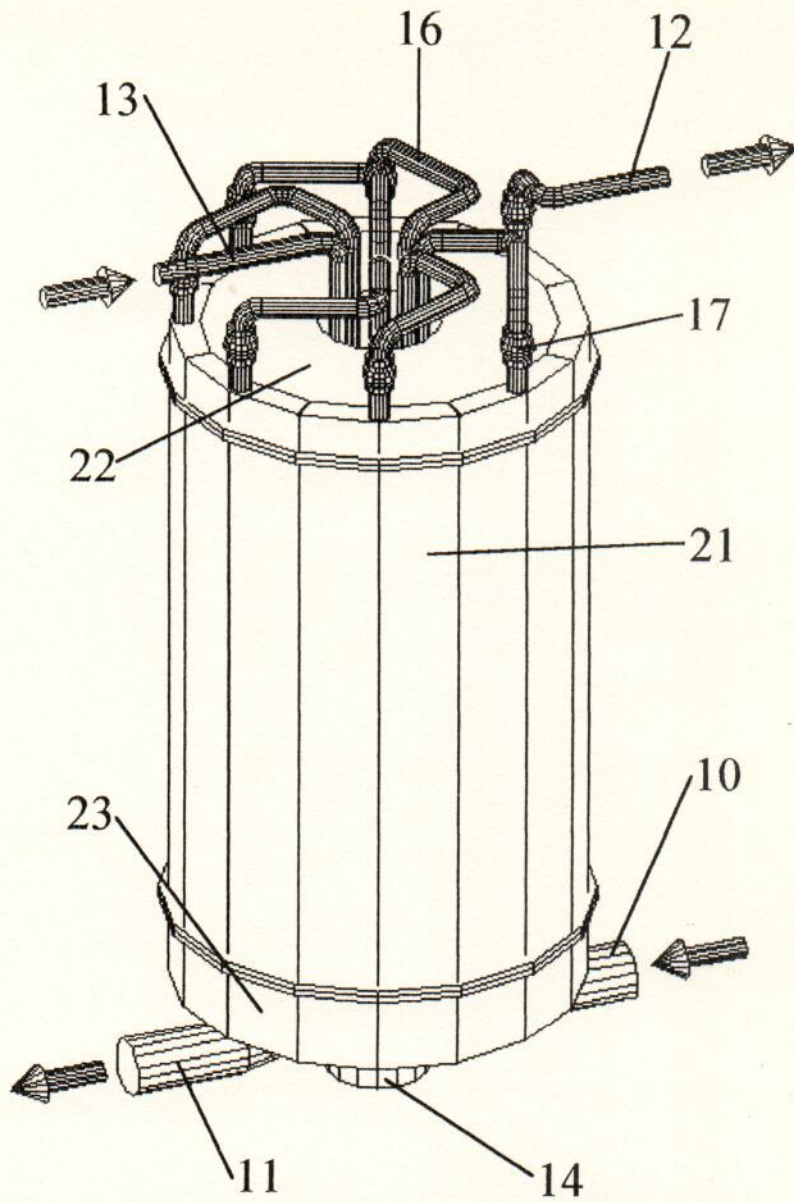


Figura 5

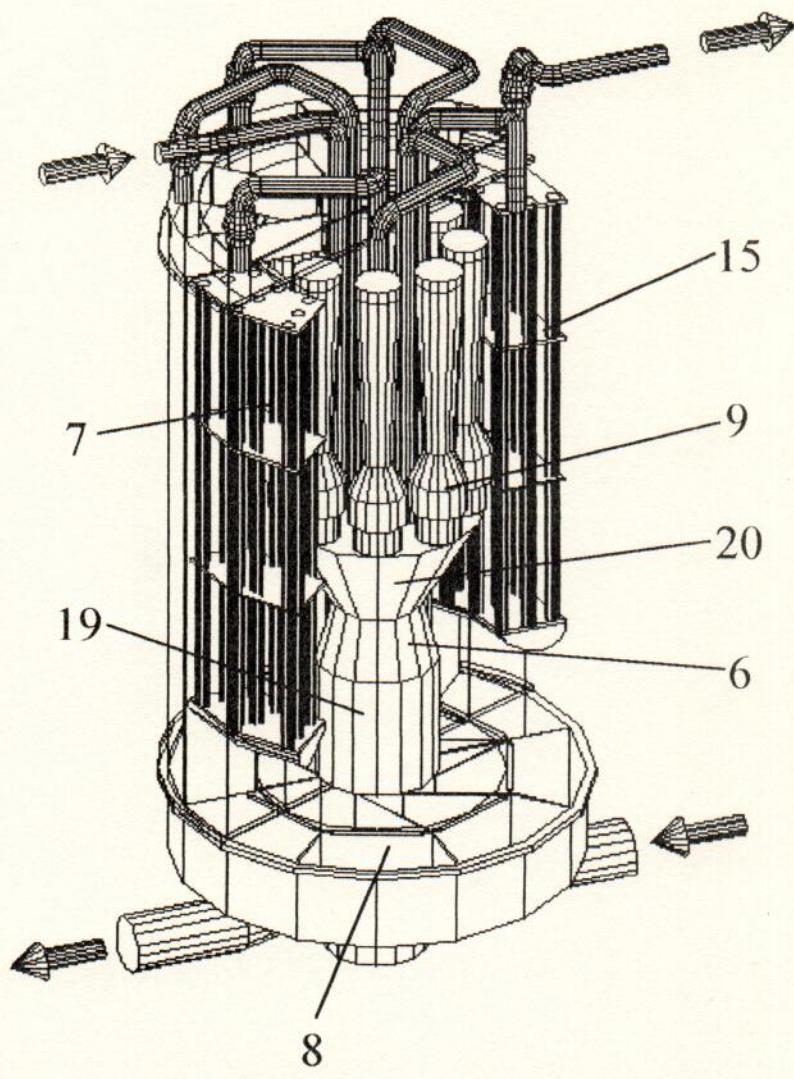


Figura 6